

分时分区电力碳排放因子计量技术规范

Metrological technical specifications for time-sharing and region-dividing electricity
carbon emission factor

(征求意见稿)

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 电网碳排放计量	3
5 计量要求	5
6 发电机组分时发电碳排放因子	6
7 省级电网分时碳排放因子	8
8 电网节点分时电力碳排放因子	10
9 用户侧间接电力碳排放量	12
10 计量结果的表达	12
附录 A 用户侧间接电力碳排放量计量报告格式	13
附录 B 电力碳排放因子计算示例	16

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东计量测试学会提出并归口。

本文件起草单位：国网山东省电力公司营销服务中心（计量中心）、山东省计量科学研究院、国网山东省电力公司电力科学研究院、朗新科技集团股份有限公司、广东省计量科学研究院（华南国家计量测试中心）、中国电力科学研究院有限公司、清华四川能源研究院。

本文件主要起草人：

分时分区电力碳排放因子计量技术规范

1 范围

本文件规定了基于位置信息的风时分区电力二氧化碳排放因子（以下简称“电力碳排放因子”）计算方法和计量模型。

本文件适用于电网企业和电力用户的碳排放因子计量。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 16934 电能计量柜

GB/T 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB/T 17215.211 交流电测量设备 通用要求、试验和试验条件 第 11 部分：测量设备

GB/T 17215.311 交流电测量设备 特殊要求 第 11 部分：机电式有功电能表（0.5、1 和 2 级）

GB/T 17215.321 交流电测量设备 特殊要求 第 21 部分：静止式有功电能表（1 级和 2 级）

GB/T 17215.322 交流电测量设备 特殊要求 第 22 部分：静止式有功电能表（0.2S 级和 0.5S 级）

GB/T 17215.323 交流电测量设备 特殊要求 第 23 部分：静止式无功电能表（2 级和 3 级）

GB/T 21369 火力发电企业能源计量器具配备和管理要求

GB/T 32150—2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 32151.1—2015 温室气体排放核算与报告要求 第 1 部分：发电企业

JJG 313 测量用电流互感器

JJG 314 测量用电压互感器

JJG 596 电子式交流电能表

JJF 1585—2016 固定污染源烟气排放连续监测系统校准规范

JJF 2309—2025 重点排放单位碳计量审查规范

DL/T 448 电能计量装置技术管理规程

3 术语和定义

GB/T 32150—2015 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

发电机组 **power generation unit**

将其他形式的能量转换成电能的设备。包含以煤炭、燃气、垃圾等为主要燃料的、生产过程中释放二氧化碳的火力发电机组；也包括利用风能、太阳能、水能、核能、生物质能、潮汐能生产电能且过程中视为不释放二氧化碳的发电机组。

3.2

发电碳排放因子 **carbon emission factor for power generation**

表征发电机组发出的单位电能量的温室气体排放的系数。

注：本部分涉及的温室气体主要指二氧化碳。

[来源：GB/T 32151.1—2015 3.7，有改动]

3.3

电网 **power grid**

由发电、供电（输电、变电、配电）、用电设施以及为保障其正常运行所需的继电保护和安全自动装置、计量装置、调度自动化、电力通信等二次设施构成的统一整体。

注：本规范中电网特指供电环节及其二次设施。

3.4

时标 **timestamp**

以标准化时间原点为基准，为电能量数据和碳排量数据分配的、可精确追溯的有序时间标记，标准化格式为 XX 年 XX 月 XX 日 XX 时 XX 分 XX 秒。

3.5

电力碳排放因子 **electricity carbon emission factor**

即电力二氧化碳排放因子，表征单位电能量的温室气体排放的系数。

3.6

分时分区电力碳排放因子 **time-sharing and region-dividing electricity carbon emission factor**

在特定周期（如年度、季度、月度、日度、小时）和特定区域（如省、地市、区县、工业园区、台区），每消费一度电量所产生的二氧化碳排放量，单位为 kgCO_2/kWh 。

3.7

省级电网分时碳排放因子 **time-of-use carbon emission factor for provincial power grid**

指在以省域为边界的区域电网内，使用单位电能量所排放的二氧化碳量，其值与省内电源结构、省间电力输送有关。

3.8

电网节点 **power grid**

电网节点在电网计算分析等值图中电流的汇集点或支路的汇集点。节点一般对应于运行电网的母线等。包括电网首级节点和电网末级节点。电网首级节点指直接与发电侧节点线路连接的电网侧节点，电网末级节点指直接与用户侧节点线路连接的电网侧节点。

3.9

碳计量器具 **carbon measuring instrument**

测量对象为温室气体排放相关量值的计量器具（系统）。

[来源：JJF 2309—2025，3.16]

3.10

电碳计量系统 **metrology system for electricity carbon emission**

用于实现电力间接碳排放量计量的全套计量仪表、设备及平台。

4 电网碳排放计量

4.1 发电侧

在发电量计量点安装电能表及电压互感器、电流互感器计量发电量数据，并由电能表为发电量赋予时标。安装用于核算或测量发电直接碳排放量的软硬件设备计量发电厂二氧化碳排放量，并为发电机组二氧化碳排放量赋予时标；二氧化碳排放量与发电量时标应一致。

4.2 电网侧

在电网侧各级输入输出节点安装电能表及电压互感器、电流互感器计量得到本级节点输入输出电量，并由电能表为输入输出电量赋予时标。在电网首级节点通过通信网络获取发电侧输出电量、电力碳

排放因子和时标，计量得到本级节点该时标的电力碳排放因子。在本级节点通过通信网络将同一时标对应的电力碳排放因子、输出电量及该时标传输至下级节点。电网侧各级节点按照上述过程，逐级计量得到本级节点电力碳排放因子和输出电量直至电网末级节点。

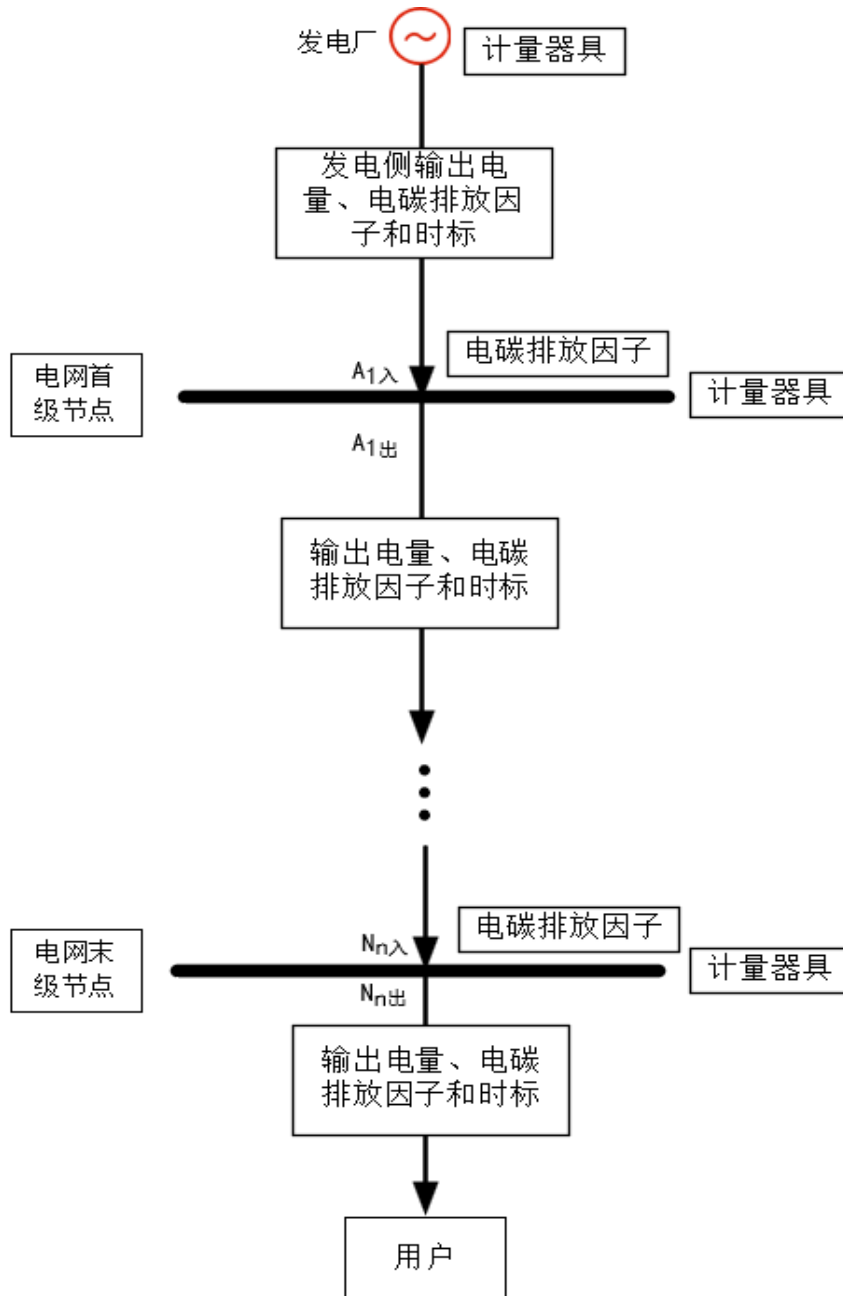


图 1 电网碳排放计量原理图

4.3 用户侧

在用户侧通过通信网络获取电网末级节点输送电量、电力碳排放因子和时标，计量得到用户该时标的电力碳排放因子和电力间接碳排放量。如有自备发电设施，则安装用于测量发电二氧化碳排放量的软

硬件设备计量发电设施二氧化碳排放量，并为发电设施二氧化碳排放量赋予时标；在发电量计量点安装电能表及电压互感器（按需安装）、电流互感器（按需安装）计量发电量数据，并由电能表为发电量赋予时标。发电设施二氧化碳排放量与发电量时标应一致，此时，用户的碳排放量由电网末级节点传递的碳排放量及自备发电设备（上网部分不计）的碳排放量组成。如自备发电设施向电网输送电量，在并网计量点安装电能表及电压互感器（按需安装）、电流互感器（按需安装）计量输送电量数据，由电能表为输送电量赋予时标，并通过通信网络将时标相同的全部用电量电力碳排放因子、输送电量及该时标传输至电网首级节点。

5 计量设备要求

5.1 计量器具配备

发电企业、电网企业、用电单位能源计量器具和碳计量器具配备率、准确度等级应符合 GB/T 17167、GB/T 21369、JJF 2309 的相关要求。

5.1.1 电能表及互感器

电能表应满足 GB 16934、GB/T 17215、JJG 596 和 DL/T 448 要求，电压互感器和电流互感器应满足 JJG 313、JJG 314 要求。

5.1.2 直接碳排放测量设备

基于直测法测量发电直接碳排放量的软硬件设备应满足 JJF 1585 的相关要求。

5.2 计量器具管理

5.2.1 发电企业、电网企业、用电单位应建立碳排放直接测量计量器具一览表。鼓励各单位利用计算机技术实现碳计量器具的信息化管理。

5.2.2 在用碳计量器具应在明显位置粘贴与碳计量器具台账或一览表编号对应的标识，并有检定/校准状态标识，以备查验和管理。

5.2.3 发电企业、电网企业、用电单位应建立碳排放计量器具档案，内容包括：

- a) 计量器具使用说明书；
- b) 计量器具出厂合格证；
- c) 计量器具最近两个连续周期的检定（测试、校准）证书；
- d) 计量器具维修记录；
- e) 计量器具其他相关信息。

5.2.4 发电企业、电网企业、用电单位应制定碳计量器具周期检定/校准计划，实行定期检定/校准。其检定周期、检定方式应遵守相关计量法律法规的规定。

5.2.5 碳计量器具使用和维护应指定专人负责，碳计量器具应在受控或已知满足需要的环境中使用，确保测量结果准确有效。

6 发电机组分时发电碳排放因子

6.1 燃煤机组

6.1.1 燃煤机组分时发电碳排放因子是单位发电量所对应的碳排放量，采用公式（1）计算。

$$EF_i = e_i / P_e \quad (1)$$

式中：

EF_i ——燃煤机组 i 的分时发电碳排放因子，单位为千克二氧化碳每千瓦时（ kgCO_2/kWh ）；

e_i ——燃煤机组 i 的单位时间碳排放量，单位为千克二氧化碳每小时（ kgCO_2/h ）；

P_e ——机组发电有功功率，单位为千瓦（ kW ）；

6.1.2 对于开展二氧化碳连续监测的机组，单位时间碳排放量 e_i 采用监测值。

6.1.3 对于未开展二氧化碳连续监测的机组，单位时间碳排放量 e_i 采用公式（2）计算。

$$e_i = F_c \times C_{\text{ar,c}} \times OF \times 44/12 \quad (2)$$

式中：

F_c ——化石燃料消耗量，单位为千克每小时（ kg/h ）；

$C_{\text{ar,c}}$ ——化石燃料收到基元素碳含量，单位为千克碳每千克（ kgC/kg ）；

OF ——化石燃料碳氧化率，以%表示；

44/12——二氧化碳与碳的相对分子质量之比；

6.1.4 机组化石燃料消耗量 F_c 采用公式（3）计算。

$$F_c = \frac{D_{\text{gc}} h_{\text{gc}} - D_{\text{gs}} h_{\text{gs}} - D_{\text{gj}} h_{\text{gj}} + D_{\text{zc}} h_{\text{zc}} - D_{\text{zr}} h_{\text{zr}} - D_{\text{zj}} h_{\text{zj}} + D_{\text{pw}} (h_{\text{pw}} - h_{\text{gs}})}{Q_{\text{ar,net}} \eta_b} \quad (3)$$

式中：

D_{gc} ——过热器出口蒸汽质量流量，单位为千克每小时（ kg/h ）；

h_{gc} ——过热器出口蒸汽焓，单位为千焦每千克（ kJ/kg ）；

D_{gs} ——锅炉给水质量流量，单位为千克每小时（ kg/h ）；

- h_{gs} ——锅炉给水焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
- D_{gj} ——过热器减温水质量流量，单位为千克每小时（kg/h）；
- h_{gj} ——过热器减温水焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
- D_{zc} ——再热器出口蒸汽质量流量，单位为千克每小时（kg/h）；
- h_{zc} ——再热器出口蒸汽焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
- D_{zr} ——再热器进口蒸汽质量流量，单位为千克每小时（kg/h）；
- h_{zr} ——再热器进口蒸汽焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
- D_{zj} ——再热器减温水质量流量，单位为千克每小时（kg/h）；
- h_{zj} ——再热器减温水焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
- D_{pw} ——锅炉排污水质量流量，单位为千克每小时（kg/h）；
- h_{pw} ——排污水焓，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
- $Q_{ar,net}$ ——燃料的低位发热量，单位为千焦每千克（kJ/kg）；
- η_b ——锅炉燃料效率，以%表示。

6.1.5 计量数据处理

a) 元素碳含量、低位发热量

对于安装煤质在线分析系统的机组，元素碳含量、低位发热量取煤质分时分析数据。

对于未安装煤质在线分析系统或煤质在线分析系统无法正常投运的机组，元素碳含量、低位发热量的测定取最近一次煤质分析化验结果，从采样到出具化验结果的时间应与采样原煤经制粉系统候进入炉膛燃烧的时间相匹配，以达到化验结果与燃用煤质在时间上一致的要求。燃煤相关项目/参数的采样、检测方法参考表 1。

表1 燃煤相关项目/参数的采样、检测方法标准

序号	项目/参数	标准名称	标准编号	
1	采样	人工采样	商品煤样人工采取方法	GB/T 475
		机械采样	煤炭机械化采样 第 1 部分：采样方法	GB/T 19494.1
2	制样	人工制样	煤样的制备方法	GB/T 474
		机械制样	煤炭机械化采样 第 2 部分：煤样的制备	GB/T 19494.2
3	全水分	煤中全水分的测定方法	GB/T 211	
		煤中全水分测 自动仪器法定	DL/T 2029	
	水分、灰分、挥发分	煤的工业分析方法	GB/T 212	
		煤的工业分析方法 仪器法	GB/T 30732	
		煤的工业分析 自动仪器法	DL/T 1030	
发热量	煤的发热量测定方法	GB/T 213		

		全硫	煤中全硫的测定方法	GB/T 214
			煤中全硫测定 红外光谱法	GB/T 25214
		碳	煤中碳和氢的测定方法	GB/T 476
			煤中碳氢的测定 仪器法	GB/T 30733
			燃料元素的快速分析方法	DL/T 568
			煤的元素分析	GB/T 31391
4	基准 换算	/	煤炭分析试验方法的一般规定	GB/T 483
		/	煤炭分析结果基的换算	GB/T 35985

b) 锅炉效率

相关发电企业应定期开展锅炉效率试验，需提供最新的、具备合格检测资质的第三方检测机构出具的性能试验报告，试验要求及方法参照 GB/T 10184 《电站锅炉性能试验规程》。

c) 碳氧化率

各燃料的碳氧化率取值应参考《企业温室气体排放核算方法与报告指南发电设施-2022 修订版》。

d) 再热蒸汽流量

再热蒸汽流量采用 GB 8117 中计算方法计算。

e) 锅炉排污水流量

锅炉排污水流量应参考相关设计规范，取其中的要求值。

f) 其他参数

发电机有功功率，过热蒸汽流量、温度、压力，再热器入口、出口蒸汽温度、压力，锅炉给水流量、压力、温度，锅炉排污水压力、温度等参数采用电厂计量器具采集数据。

6.2 其他化石能源机组

燃油、燃气、燃用煤矸石、煤泥等燃料的机组可参照 6.1 执行。

6.3 非化石能源机组

非化石能源（风电、水电、光伏、核电、生物质等）机组发电碳排放因子，可参考国家生态环境部发布的数据，一般视为 0。

6.4 其他机组

对于尚不具备 6.1.5 所述数据采集条件的机组，参照《企业温室气体排放核算方法与报告指南发电设施-2022 修订版》采用燃料缺省值核算碳排放。

7 省级电网分时碳排放因子

7.1 核算边界

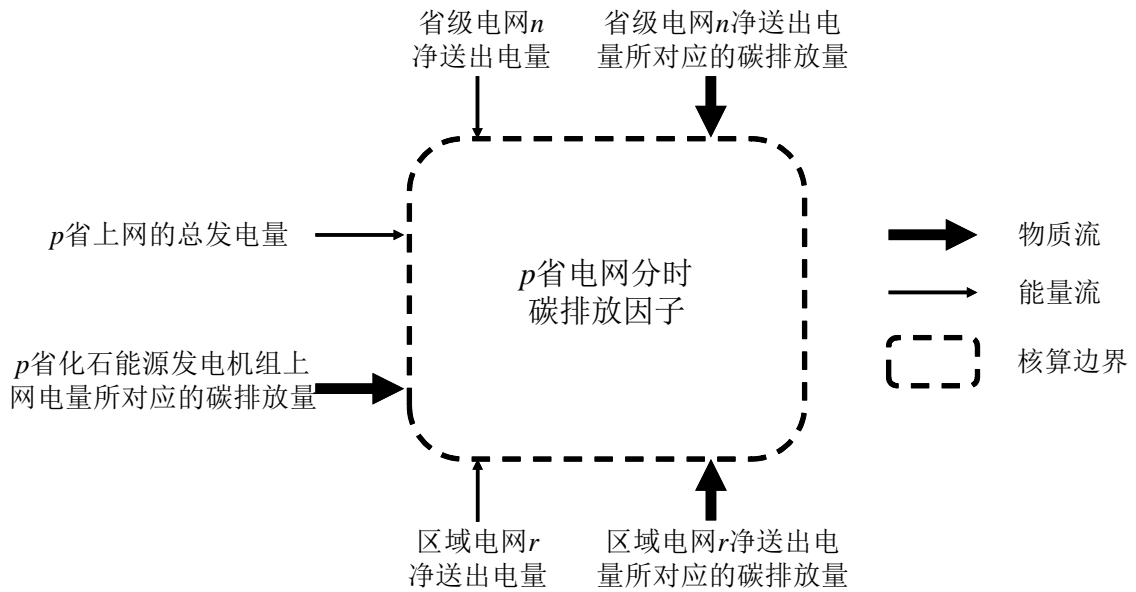


图2 核算边界示意图

7.2 计算公式

省级电网分时碳排放因子采用公式（4）计算。

$$EF_p = \frac{\sum_i EF_i \times G_i + \sum_n EF_n \times G_{\text{imp},n,p} + \sum_r EF_r \times G_{\text{imp},r,p}}{G_p + \sum_n G_{\text{imp},n,p} + \sum_r G_{\text{imp},r,p}} \quad (4)$$

式中：

EF_p —— p 省电网分时碳排放因子，单位为千克二氧化碳每千瓦时（ kgCO_2/kWh ）；

EF_i ——化石能源发电机组 i 的分时发电碳排放因子，单位为千克二氧化碳每千瓦时（ kgCO_2/kWh ），

其计算方法见 6.1；

G_i ——化石能源发电机组 i 单位时间上网的电能量，单位为千瓦时（ kWh ）；

G_p —— p 省单位时间上网的总发电量，单位为千瓦时（ kWh ）；

EF_n ——向 p 省净送出电能的 n 省电网碳排放因子，单位为千克二氧化碳每千瓦时（ kgCO_2/kWh ）；

$G_{\text{imp},n,p}$ —— n 省向 p 省单位时间净送出的电能量，单位为千瓦时（ kWh ）；

EF_r ——区域电网 r 的电网碳排放因子，单位为千克二氧化碳每千瓦时（ kgCO_2/kWh ）；

$G_{\text{imp},r,p}$ ——区域电网 r 向 p 省单位时间净送出的电能量，单位为千瓦时（ kWh ）；

p ——北京、天津、河北、山西、内蒙古、山东、辽宁、吉林、黑龙江、上海、江苏、浙江、安徽、福建、河南、湖北、湖南、江西、四川、重庆、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、广东、广西、云南、贵州和海南 30 个省份之一；

n ——向 p 省净送出电量的其他省份；

r —— p 省所在的区域电网，区域电网包括华北、东北、华东、华中、西北、南方和西南电网，不包括西藏自治区、香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾省。

7.3 计量数据处理

a) 电能量通过连接到省级电网 p 相应的关口表采集数据；

b) 区域电网碳排放因子和外省电网碳排放因子，采用生态环境部、国家统计局发布的最新电力二氧化碳排放因子数据。

8 电网节点分时电力碳排放因子

8.1 计算数据

a) 参与计算各类参数均取自分时计算周期内。

b) 发电侧非化石能源（风电、水电、光伏、核电、生物质等）的电力碳排放因子，可参考国家生态环境部发布的数据，一般视为 0。

8.2 电网拓扑

图 2 为电网层级拓扑及能源计量节点关联图，用于直观展示电力系统中电源、节点、线路及计量监测点的电气连接关系，其中 G1 为风电机组、G2、G3、G4 为火电机组，G5 为光伏机组，节点 A 接入 G1、G2 电源，向下级节点 B、D 分配电能；节点 B 接入 G3 电源及节点 A 的电能，向下级节点 E 分配电能；节点 C 接入 G4 电源，向下级节点 E 分配电能；节点 F 接入 G5 光伏电源及上级电能并向末端负荷输送。计量点（如 $A_{1\text{入/出}}$ 、 $B_{2\text{入/出}}$ ）标注于节点与线路的连接端口，实现“节点-线路”间电能的双向计量，并由电能计量装置将相关电能量上传至电碳计量系统。

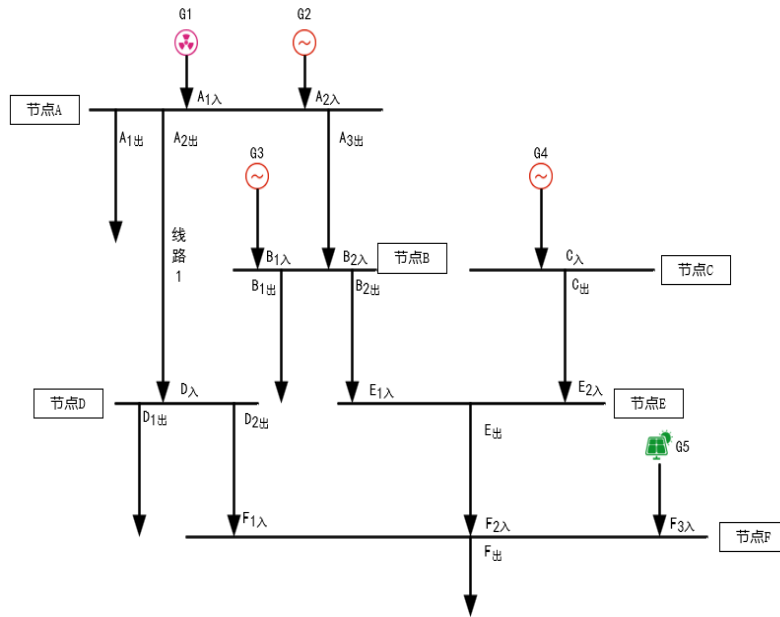


图2 电网系统拓扑

8.3 计算公式

电网侧节点 k 的电力碳排放因子在分时计算周期内的表达式 (5)：

$$EF_{e,k} = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} (EF_{g,i} \times G_{i,k}) + \sum_{m=1}^{N_e} (EF_{e,m} \times G_{m,k})}{\sum_{i=1}^{N_g} G_{i,k} + \sum_{m=1}^{N_e} G_{m,k}} \quad (5)$$

式中：

$EF_{e,k}$ ——电网节点 k 的分时电力碳排放因子， kgCO_2/kWh ，并赋予分时结束时标；

N_g ——与电网节点 k 连接的发电侧化石能源节点数量；

$EF_{g,i}$ ——发电侧化石能源（燃煤、燃油、燃气等）节点 i 的电力碳排放因子， kgCO_2/kWh 计算方法见 6.1；

$G_{i,k}$ ——发电侧化石能源（燃煤、燃油、燃气等）节点 i 向电网节点 k 传输的发电量， kWh ，取自节点 i 传输到节点 k 处的输入关口电能表电量，为分时计算周期结束时标的电能表有功总电能与开始时标电能表有功总电能的差值；

N_e ——向电网节点 k 传输电量的节点数量；

$EF_{e,m}$ ——电网节点 m 的电力碳排放因子， kgCO_2/kWh ；

$G_{m,k}$ ——电网节点 m 向电网节点 k 传输的电量， kWh ，取自节点 m 传输到节点 k 处的输入关口电能表电量，为分时计算周期结束时标的电能表有功总电能与开始时标电能表有功总电能的差值。

8.4 电能计量装置技术要求

各节点电能计量装置技术要求符合 DL/T 448《电能计量装置技术管理规程》中第 6 章节内容。

9 用户侧间接电力碳排放量

9.1 用户电力来源一般包括国家电网供电、自备发电机组供电、绿电直联等。

9.2 用户侧电力间接碳排放计算公式 (6)：

$$E_{\text{con}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{g,con}}} (EF_{\text{g},i} \times G_{i,\text{con}}) + \sum_{k=1}^{N_{\text{e,con}}} (EF_{\text{e},k} \times G_{k,\text{con}}) + E_{\text{gr}} \quad (6)$$

式中：

E_{con} ——用户侧电力间接碳排放总量， kgCO_2 ；

$N_{\text{g,con}}$ ——用户自备发电机组数量；

$EF_{\text{g},i}$ ——用户自备发电机组 i 的电力碳排放因子， kgCO_2/kWh ；

$G_{i,\text{con}}$ ——用户自备发电机组 i 向用户传输的有功电量， kWh ；

$N_{\text{e,con}}$ ——向用户传输有功电量的电网节点数量；

$EF_{\text{e},k}$ ——电网节点 k 的电力碳排放因子， kgCO_2/kWh ；

$G_{k,\text{con}}$ ——电网节点 k 向用户传输的有功电量， kWh ；

E_{gr} ——消耗绿电引起的碳排放， $E_{\text{gr}} = 0$ 。

9.3 用户自备发电机组 i 的电力碳排放因子 $EF_{\text{g},i}$ 按照第 6 章规定进行测算。

9.4 电网节点 k 的电力碳排放因子 $EF_{\text{e},k}$ 按照 7.2 条款选取或按照 8.3 条款进行测算。测试示例见附录 B。

10 计量结果的表达

用户侧间接电力碳排放量的计量结果表达见附录 A。

附录 A

(资料性)

用户侧间接电力碳排放量计量报告格式

XX用户电力消耗碳排放量计量报告

证书编号_____号

报告主体：_____

报告年度：_____

接收日期：_____

计量日期：_____

发布日期：_____

建议周期：_____

批准：_____

核验：_____

证书专用章

计量：_____

计量机构信息

表 A.1 报告单位信息

单位名称			
统一社会信用代码			
地址			
单位性质		所属行业	
建筑面积		用能人数	
办公情况			
行政区划		联系人	
联系电话		E-mail	

表 A.2 主要耗电设备清单

序号	所属部门	设备名称	设备编号	型号规格	安装地点	功率	备注

注：主要耗电设备是指耗电功率在 100kW 及以上的设备。

表 A.3 计量器具配备清单

序号	计量器具名称	准确度等级	安装地点及用途	分级分项	有效溯源证书编号

表 A.4 排放因子选取及分项碳排放量

电力来源	耗电量 (kWh)	排放因子 (tCO ₂ /kWh)	排放因子测算	电力消耗碳排放量 (tCO ₂)

国家电网				
自备发电机组				
绿电				
其他来源				
合计				

附录 B

(资料性)

电力碳排放因子计算示例

以图 B.1 系统拓扑为例（2025 年 11 月 15 日 14:30:00~14:45:00），其中 G1 为风电机组、G2、G3、G4 为火电机组，G5 为光伏机组。各发电机组在一个时段内发电量和碳排放因子情况如表 B.1 所示：

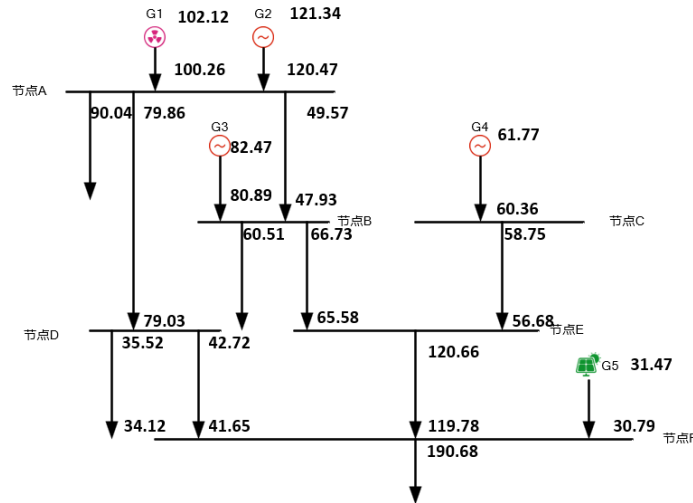


图 B.1 系统拓扑

表B.1 电源碳排放参数

各节点中电源	14:30:00 输入 关口有功总电 能 (MWh)	14:45:00 输入 关口有功总电 能 (MWh)	电源有功电能 量 (MWh)	电源类型	电源侧碳排放因子 kgCO ₂ /kWh
G1	2382.73	2280.61	102.12	风电	0
G2	4285.14	4163.8	121.34	燃煤	0.8874
G3	1594.22	1511.75	82.47	燃煤	0.8961
G4	2526.19	2464.42	61.77	燃煤	0.8592
G5	79.42	47.95	31.47	光伏	0

系统各节点（2025年11月15日14:30:00~14:45:00）的平均碳排放因子计算如下：

节点A的碳排放因子为0.4843 kgCO₂/kWh；

节点B的碳排放因子为0.7429 kgCO₂/kWh；

节点C的碳排放因子为0.8592 kgCO₂/kWh；

节点D的碳排放因子为0.4843 kgCO₂/kWh；

节点 E 的碳排放因子为 0.7968kgCO₂/kWh；

节点 F 的碳排放因子为 0.6015kgCO₂/kWh。